

Searching PAJ

第 1 頁, 共 2 頁

Cite No. 6,

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 57-010280

(43)Date of publication of application : 19.01.1982

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01L 21/203

(21)Application number : 55-083984

(71)Applicant : FUTABA CORP

(22)Date of filing : 23.06.1980

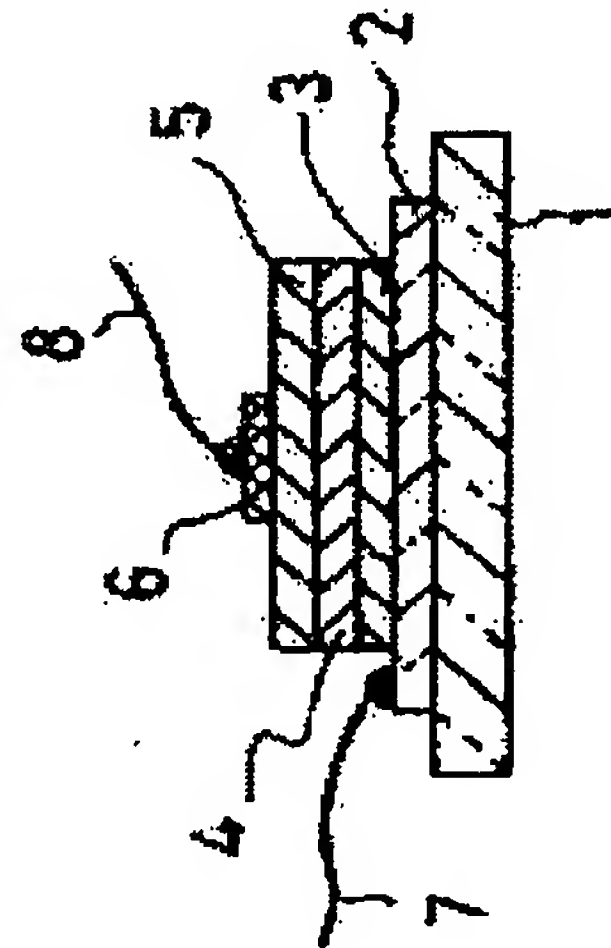
(72)Inventor : MORIMOTO KIYOSHI
TAKAGI TOSHINORI

(54) GAN LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain the GaN light-emitting element having no mismatching defect and crystal distortion and also having a high intensity of light emission by a method wherein a ZnO film is grown on a substrate while it is being preferentially oriented in the prescribed direction and on which the crystalline GaN film controlled by the orientation axis of the ZnO film is formed.

CONSTITUTION: The substrate 1 made of glass and the like is used to lead out a beam of light from the side of the substrate and on which the transparent electrode film 2, to be used as one of electrodes for the light emitting element such as In_2O_3 , SnO_2 and the like, is coated. Then, while the above is being oriented to the axial direction C with which a preferential orientation can most easily be performed, the ZnO film 3 having the intrinsic resistance of $10^2 \sim 10^3 \Omega/\text{cm}$ and the thickness of $0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}$ or thereabouts is grown by adding a donor. Subsequently, an excellent crystalline film 4 is obtained by epitaxially growing a GaN film 4 along the axis C having the preferential orientation of the film 3, on which an i type GaN film 5 is grown. After that a lead wire 7 is attached to a film 2 and a lead wire 8 is attached to a film 5 respectively through the intermediary of a metal electrode 6 such as Al and the like.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

BEST AVAILABLE COPY

① 日本国特許庁 (JP)
② 公開特許公報 (A)

③ 特許出願公開
昭57—10280

④ Int. Cl.³
H 01 L 33/00
21/203

識別記号

庁内整理番号
7739—5 F
7739—5 F

⑤ 公開 昭和57年(1982)1月19日

発明の数 1
審査請求 有

(全 8 頁)

⑥ GaN発光素子

⑦ 特 願 昭55—83984

⑧ 出 願 昭55(1980)6月23日

⑨ 発 明 者 森本清

茂原市大芝629双葉電子工業株

式会社内

⑩ 発 明 者 高木俊寛

長岡京市友岡2丁目10—13

⑪ 出 願 人 双葉電子工業株式会社

茂原市大芝629

⑫ 代 理 人 弁理士 西村教光

明 細 書

1. 発明の名称

GaN発光素子

2. 特許請求の範囲

基板の上に、所定方向に優先配向させて被着させたZnO皮膜と、このZnO皮膜上に、ZnO皮膜の配向軸に規制されて成長した結晶性のGaN皮膜とを有する構造体なるGaN発光素子。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、発光層としてGaNを用いたGaN発光素子に関するものである。

可視領域に発光波長を有する発光ダイオードとしては、現在までのところGaAsPやGaPにより赤色乃至黄色発光のダイオード、あるいはGaPによる緑色発光のダイオード等が知られている。

また、青色に発光する発光ダイオードとして、GaNを用いた発光素子の研究が一部で行われている。

このGaN発光素子は、従来単結晶サファイア基板の(0001)面上に、気相成長法によりGaN

層を被着させることにより、得ているものであるが、この気相成長法で得られるGaN層は、一般にn形となるため、このGaN層に対してアクセプタとなるZnを添加して半絶縁層とし、金属—絶縁層—半導体層(Metal—Insulator—Semiconductor、以下MIS形という)構造により発光素子を形成しているものである。

しかしながら、このサファイアを基板とするGaN発光素子は、基板となるサファイアと、その上に成長させるGaNの格子定数の不整、いわゆるミスフィットが16.4%もあり、また、気相成長時に基板を1,000℃—1,200℃程度に加熱する必要があることから、得られるGaN層に不整合欠陥や結晶歪が発生することが避けられず、十分な発光強度が得られていなかった。

さらに、基板として単結晶性のサファイアを必要とすることから、價格的にも高価であり、未だ実用化段階までには至っていない。

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、ZnOがGaNと同様に六方晶系の結晶構造

特開2005-10280(2)

をとり、しかも両者のミスフィットが(002)面で僅かに0.46度、その他の面でも0.5度程度である点に留意し、さらに、このZnOの優先配向性膜が、例えばガラスなどの非晶質基板上に容易に成長できると、ZnOの禁制帯幅が室温で3.2 eVと大きく、したがって青色発光に対しても吸収損失が少ない、などの点を利用して、ガラス等の基板上にまず優先配向性をもたせたZnOの皮膜を被着し、このZnOの優先配向性に規制されて、その上にGaN皮膜を成長させることにより、不整合欠陥や結晶粒が少なく、したがって発光強度の改善された、また安価に製造できるGaN発光素子を提供することを目的とするものである。

以下、図面を参照して、本発明によるGaN発光素子の一実施例を説明する。

第1図は、本発明によるGaN発光素子の一実施例を示す断面構造図である。

ここで1は基板であり、この基板1としては、後述するGaN皮膜の成長時の加熱温度に耐える材料であれば、非晶質材料、結晶質材料等、任意の

3

膜を示す概略図である。ここで11は、一個ないし複数個のノズル11aを有する密閉形のるつぼであり、このるつぼ11内に蒸着すべき材料12、本実施例ではZnが収納されている。

13は、前記るつぼ11のノズル11aと対向して配設され、透明導電膜2が被着された基板1を保持する基板ホルダであり、15は、前記ノズル11aから噴出する蒸気の通路に設けられ、加熱されて電子を放出する陰極、16は、前記陰極15に対して正電位が付与されて陰極から放出された電子を加速して前記蒸気に対して照射させ、そのイオン化を行うイオン化電極である。

また17は、前記イオン化された粒子を加速する加速電極であり、18は、不要時に前記粒子の基板1への到達を遮断するシャッタ、19は、前記るつぼ11の周囲に配設され、このるつぼ11を加熱して材料12の蒸気化を行うためのヒータである。

21は、ガス噴出ノズル21aが前記ノズル11aの近傍に位置して、ノズル21aから噴出

5

材料を蒸着できるものであるが、ここでは、この基板1側から発光を取出すものとして、ガラスを基板1として用いている。

また2は、前記基板1上に被着されて、発光素子の一方の電極となる透明導電膜であり、例えば、 In_2O_3 や SnO_2 などを蒸着法やエブレ法、CVD法などにより被着して形成する。

3は、前記透明導電膜2上に被着されたZnO皮膜である。

この場合、前記ZnO皮膜3は、透明導電膜2上に優先配向性をもたせて被着させることが必要となるが、一般にZnOはC軸優先配向しやすい。したがって、その被着方法としては、イオンビーム蒸着法、スパッタリング法、クラスターイオンビーム蒸着法など任意の手段が採用できるが、ここでは、本発明者らによつて開発された反応性クラスターイオンビーム法(Reactive-Ionized-Cluster Beam technique, 以下R-ICB法という)を用いて、前記ZnO皮膜3の形成を行った。

第2図は、本発明者が用いたR-ICB蒸着装

4

する装置に対して反応するガスを供給する反応性のガス導入管であり、22は、前記基板1を加熱するための加熱源である。

さらに図示はしていないが、前記各部はベルジャ内に收容され高真空雰囲気中に保持される構造となつている。

しかして、第2図に示す装置を用いて、基板1上に被着された透明導電膜2上に、ZnO皮膜3を形成する。

この場合の蒸着条件は、次のように設定した。

まず、第2図に示す各部が収納されるベルジャ内を一旦高真空状態に排気し、しかる後ガス導入管21により O_2 を導入して、ベルジャ内の圧力を 5×10^{-4} Torr程度に設定する。

一方、ヒータ19に通電してるつぼ11を加熱し、材料12を蒸気化する。この場合、るつぼ11内の蒸気の圧力が、その周囲の圧力の少なくとも10倍以上の圧力を有するように前記ヒータ19による加熱温度を設定する。

また、陰極15からイオン化電極16に向けて

6

特開昭57-10280(3)

放出されるイオン化用電子電流を300mA程度に設定し、基板1は、加熱源22により200℃程度に加熱しておく。

上述した状態において、るつぼ11内で加熱されて蒸気化した材料12(Zn)は、ノズル11aを介してるつぼ11外の高真空雰囲気中に噴出し、この噴出時の断熱膨張に基づく過冷却過程を経て、500~2,000個の原子が、ファンデルワールス力により互いにゆるく結合してZnの原子集団、いわゆるZn-クラスターが形成される。

このZn-クラスターは、ノズル11aからの噴出時に得られた運動エネルギーによつて基板1方向へ進む。

また、前記るつぼ11のノズル11aの近傍には、ガス導入管21のガス噴出ノズル21aが開口しており、そこから導入された微量のO₂ガスが、前記ノズル11aから噴出した蒸気に加わり、基板1方向に進む。

さらに、このZn-クラスターとO₂ガスが、イオン化電極15の設置空間を通過する際に、陰極15

7

あり、またX線回折とRHEEDパターンの観測により、透明導電膜2の面に対して垂直にC軸が優先配向した、優先配向性を有する皮膜であることが確かめられた。

さらに、得られたZnO皮膜3の膜厚は、0.2μm~0.3μm程度で、その固有抵抗は、10⁴~10⁶Ω・cmであつた。この固有抵抗は、ZnO皮膜3の蒸着時に、例えばTeなどのZnO中でドナーとなる不純物を0.1~0.5重量部添加することによつて、10⁴~10⁶Ω・cm程度に小さくすることができる。

さらに、第1図において4は、前記ZnO皮膜3上に被着したGaN皮膜である。

このGaN皮膜4は、下地のZnO皮膜3の優先配向したC軸に沿つてヘテロエピタキシャル成長させて得た皮膜であり、このGaN皮膜4の形成方法としても種々の方法が採用できるが、本実施例では、前述したZnO皮膜3の形成手段と同様に、第2図に示す装置を用いたR-ICB法により行つた。

すなわち、第2図に示す装置において、るつぼ

9

から放出される電子によりその一部がイオン化される。

例えば、このイオン化用の電子電流を前述したように300mA程度に設定しておくと、約30%程度のZn-クラスターがイオン化され、また数%程度のO₂ガス及びクラスターを形成しないZn原子がイオン化されると考えられる。

このようにしてイオン化されたZn-クラスター及びO₂ガスとZn原子が、イオン化されない他の中性のZn-クラスター、あるいはO₂及びZn原子とともに、ノズル11aからの噴出時の運動エネルギー、あるいは必要に応じて加速電極17に付与された加速電圧により加速されて、透明導電膜2が被着された基板1の面に射突する。

そしてこの射突時に、Zn-クラスターが個々の原子に分解してクラスターイオンビーム蒸着法に特有の表面マイグレーション効果、イオン化の効果、またO₂ガスの化学作用等の助けにより、ZnO皮膜3が形成される。

このようにして得られたZnO皮膜3は、透明で

8

11内に充填する材料21として、Ga又はGaNを用いる。本実施例では純度99.999%の粉末状のGaNを用い、ヒータ19によりるつぼ11を900℃~1000℃程度に加熱して、昇華させてノズル11aから噴出させて、GaNのクラスターや、噴出時に分解したGaやNを含むGaNの蒸気流を形成する。

また、ガス導入管21により前記るつぼ11の付近からN₂ガスを導入し、このN₂ガスと前記GaNの蒸気流を陰極15及びイオン化電極16からなるイオン化室に導入して、その一部をイオン化して、基板1上に被着形成されたZnO皮膜3上に被着させるものである。

この場合、ガス導入管21によるN₂ガス導入後のセルジャ内の圧力は、5×10⁻⁴Torr程度に設定し、また陰極15から放出されるイオン化用の電子電流を300mA、基板1の加熱温度を200℃~600℃の範囲内で設定し、さらに加速電極17には0Vと一定し、るつぼ11からの噴射エネルギーのみにより、GaNのZnO皮膜3に射する

10

特開2005-10280(4)

被覆を行った。

しかし、ZnO皮膜4に射突したGa₂Nのクラスター、Ga₂N等が、ZnO皮膜4の配向軸に規制されて、結晶性の良いGa₂N皮膜4が成長する。

また、このGa₂N皮膜4の結晶性は、基板1の加熱温度によつて制御されるものであり、第3図(a)(b)に、前記加熱温度がそれぞれ250℃及び450℃における基板-ZnO皮膜-Ga₂N皮膜の積層構造の断面を電子顕微鏡で観察した場合の写真を示す。

すなわち、前記加熱温度が250℃程度では、ZnO皮膜上に成長するGa₂N皮膜は、第3図(a)に示すように非晶質的であるが、加熱温度を450℃程度に上げると、第3図(b)に示すようにZnO皮膜のC軸に規制されてエピタキシャル成長するGa₂N皮膜が得られることが明らかとなる。

このように450℃程度、高々600℃程度の低基板温度領域でGa₂N皮膜の結晶成長が可能であるのは、前述したように、蒸着時にイオンの存在によつて蒸着粒子内の活性化反応が促進される効果と、クラスターのもつ運動エネルギー、つまり昇

降して、るつぽ11のノズル11aから噴出するGa₂Nのクラスターが、この噴射時に運動エネルギーを得て、この運動エネルギーが皮膜形成時に、エピタキシャル成長に対して効果的に作用するものと考えられる。

また、Ga₂N皮膜4と、その下地となるZnOの格子定数の違い、いわゆるミスフィットが0.5%以下であるために、ZnO皮膜3とGa₂N皮膜4間の格子結合エネルギーを低下させていることも重要である。

しかし、このようにGa₂N皮膜4の成長温度が低くてよいのは、ヘテロ接合における結晶歪を減らす上から効果的となるばかりでなく、下地側から成長皮膜側への不純物の熱拡散を遅ける上からも有効であつて、例えば、従来のサフアイフ基板上に気相成長法によりGa₂N皮膜を形成する場合には、基板温度を900℃～1200℃程度に加熱する必要があることを考えず、上述した工程により得られるGa₂N皮膜4における結晶歪や不整合欠陥の発生を少なくできることが明らかである。

11

12

次に、上述したところにより得られたGa₂N皮膜4上に、第1図に示すようにi形(Intrinsic type)のGa₂N皮膜5を形成する。

ここで、一般にGa₂N発光素子は、MIS構造形の表示素子とp-n接合形の表示素子との二つの形があるが、第1図に示す実施例では、MIS構造形の表示素子を例にとつて示したものである。

そして、一般に不純物を添加しないGa₂N皮膜は、Nの空孔が多くn形の半導体となる。したがつてGa₂N皮膜4上に絶縁層となるi形のGa₂N皮膜5を形成するために、Ga₂N皮膜4の成長後に、例えば第2図に示す要部を用いて、るつぽ11とは別のるつぽ、あるいはタンダステンヒータを用いて微量のZnを蒸発させ、同時にGa₂N皮膜の成長を続行させることにより、Ga₂N皮膜中に入り、pナ不純物を補償するZnを、Ga₂N皮膜中に導入することにより絶縁層となるi形Ga₂N皮膜5が形成される。

この場合、本実施例では、前記Ga₂N皮膜4は、その膜厚が0.2μm、固有抵抗が約500Ω・cm、

また、i形のGa₂N皮膜5は、その膜厚が0.5μm～2μm、固有抵抗が1Ω～10⁸Ω・cmのものを得ている。

さらに、6は、前記i形のGa₂N皮膜5の表面にn、あるいはA₂を蒸着した後、真空中約200℃で一時間熱処理して得られた金属電極である。

次に、前記透明導電膜2及び金属電極6にそれぞれリード線7及び8を接続し、本発明によるGa₂N発光素子が得られる。またこの場合、前記リード線8として例えばタンダステン線を選定し、このタンダステン線をi形のGa₂N皮膜5に点接触させることにより金属電極6を省略するようにしてもよい。

しかし、第1図に示す構造のGa₂N発光素子のリード線7、8間にリード線7側を負、リード線8側を正にして5～10V程度の直流電圧を印加することにより、Ga₂N皮膜4とi形のGa₂N皮膜5間で青乃至青白色系の発光が生じ、この発光がZnO皮膜3、透明導電膜2及び基板1を介して観察される。また、リード線7側を正、リード線8

13

—412—

14

特開2006-10280(5)

側を負にして、直流電圧を印加した場合は、i形のGaN皮膜5と電極6との間で、上述したと同様の発光が生じ、この発光が観察される。

ところで、この第1図に示す構造のGaN発光素子における代表的な電流-電圧特性の一例を第4図に示す。

この図から明らかなように、本発明の実施例により得られたGaN発光素子は、駆動電圧の極性に因って対称な電流-電圧特性が得られており、また、電圧の増加時と減少時でヒステリシス特性を示し、さらに、約5〜10Vで電流制御形の負性抵抗が観察される。

次に、上述した構成のGaN発光素子における発光機構について検討してみる。

従来の気相成長法によりサファイア基板上に成長させたヘテロ接合によるMIS構造のGaN発光素子の場合、次の二つの電流輸送モデルが知られている。

一つは、三角形の電位障壁を通しての量子トンネル効果による電流、すなわちFowler-Nordheim

15

E_{ts} 、 E_{td} （但し、 $E_{ts} > E_{td}$ ）、濃度を N_{ts} 、 N_{td} で区別するとして、フェルミ準位 E_F が、これらの中心のエネルギー単位より以下にある場合、すなわち、 $E_{ts} > E_{td} > E_F$ であれば、電流-電圧特性は、電圧 V を増すにつれてオーミック領域（ $I \propto V$ ）から2乗領域（ $I \propto V^2$ ）に移ることがわかる。

さらに、これらの各領域での電流密度を、それぞれ $J_{s,d}$ 、 $J_{s,d}$ とすると、これらは次式で表わされる。

$$J_s = q n_a \mu V / L \quad \dots (1)$$

$$J_{s,d} = \frac{q}{8} N_{ts,d}^* \left(\mu V^2 / L^2 \right) \quad \dots (2)$$

ここで、 q は電子の電荷、 $n_a = N_a \exp(-E_F / kT)$ 、 $N_{ts,d}^* = (N_a / g N_{ts,d}) \exp(E_{ts,d} / kT)$ 、 N_a は伝導体電子の有効状態密度、 μ はキャリアの移動度、 ϵ は誘電率、 L はi形のGaN皮膜5の長さ、 g は捕獲中心の占有確率である。

しかして、第1図に示す構造の実施例の場合、

17

モデルにおける $I \propto V \exp(-b/V^{1/2})$ に従う電流、他の一つは、空間電荷制限電流、すなわち $I \propto V^2$ に従う電流である。

そこで、第1図に示す構造の本発明によるGaN発光素子の電流輸送モデルを調べるために、順方向、すなわちリード8側を正、リード線7側を負にした場合における室温での電流-電圧特性の測定結果を第5図に示す。

この結果によれば、本発明のGaN発光素子は、第5図(a)に示すオーミック領域（ $I \propto V$ ）から第5図(b)に示す2乗領域（ $I \propto V^2$ ）へ移行する特性がみられる。したがって、上述した結果からは、本発明のGaN発光素子は前述したFowler-Nordheimモデルに従うよりむしろ $I \propto V^n$ （ $n = 1 \sim 3$ ）に従うと判断でき、これは少なくとも2つ以上の捕獲中心が存在する場合の再結合モデルで説明できる。

いま、第1図に示すi形のGaN皮膜5に2つの捕獲中心を考え、浅いエネルギー単位の中心と深いエネルギー単位の中心をそれぞれエネルギー

16

i形のGaN皮膜5中の浅い単位（エネルギー E_{ts} 、濃度 N_{ts} で表わされる単位）は、アクセプタ不純物 $2n$ の添加によつて補償されていると考えることができるので、第5図(a)に示される上記(i)式で規定されるオーミック領域に続く、第5図(b)の2乗領域は、上記(ii)式中の主として深い捕獲中心に起因するものとして定性的に説明できることになる。

ところで、上述した実施例では、発光を基板1側から観察するタイプとして、基板1にガラスを用いたが、発光を電極6側から観察するタイプのものであれば、前記基板1としては不透明な材料、例えばスチレンス板等を用いてもよい。

さらに、上述した実施例では、MIS構造の発光素子について述べたが、これは例えば、第1図に示す構造において、GaN皮膜4の形成後に、GaN中でアクセプタ不純物となる、例えばGeを添加させながらGaN皮膜の形成を行い、p形GaN皮膜を作成し、p-n接合タイプとする、あるいは、ZnO皮膜3は、一般にn形導電性となること

18

から、このZnO皮膜3上に、直接p形のGaN皮膜を形成したp-n接合形の発光素子とするようにしてもよい。

そのほか、本発明は、上記し、かつ図面に示した実施例に限定されず、その要旨を変更しない範囲で種々変形して実施できるものである。

以上述べたように、本発明によるGaN発光素子は、ZnOの格子定数がGaNの格子定数と近接し、両者のミスマッチは、0.5%程度であること、及びこのZnOは、任意の基板上でC軸方向に優先配向して成長しやすいという点に着目し、まず任意の基板、例えばガラス上にZnO皮膜をC軸方向に優先配向性をもたせて被着し、ついでこのZnO皮膜を下地として、その優先配向軸に規制されて低基板温度でヘテロエピタキシャル成長するGaN皮膜を有する構造になるものである。

したがって、本発明によるGaN発光素子は、発光部が形成されるGaN皮膜が、下地とのミスマッチ起因する不整合欠陥や加熱による結晶歪の少ない結晶性の良い皮膜であることから、発光効

19

率の大幅な向上が期待でき、青色乃至緑色の発光素子を得る上から、すぐれた特長を有し、種々の用途への適用など多大の効果が期待できるものである。

また、本発明によるGaN発光素子は、発光部が形成されるGaN皮膜の下地となるZnO皮膜が、発光部での発光色に対してほとんど透明であるために、発光部での発光を外部に有効に取り出し、この点からも発光効率の向上が期待できその効果は大である。

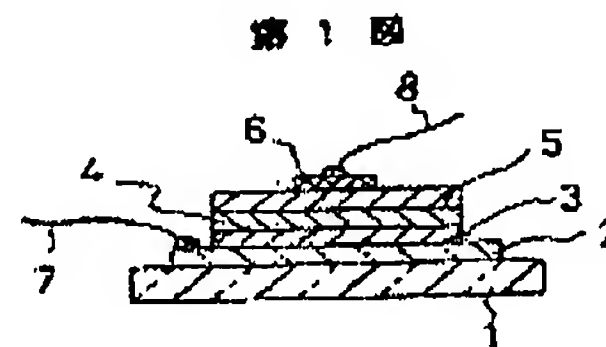
さらに、本発明によるGaN発光素子は、その上にGaN皮膜を成長させるZnO皮膜が、例えばガラスなどの非晶質基板上においても容易にC軸方向に優先配向性をもつて成長するので、基板として安価に入手できる材料を任意に選択でき、GaN発光素子のコストを低減させる上からも得られる効果は、きわめて大である。

4. 図面の簡単な説明

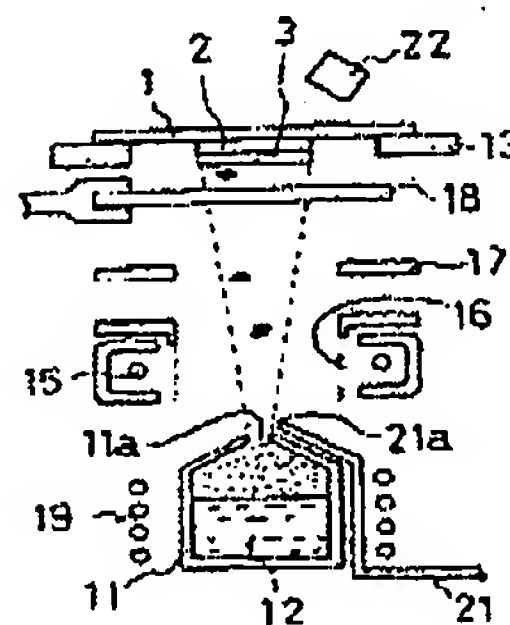
第1図は、本発明によるGaN発光素子の一実施例を示す概略構成図、第2図は、同実施例の製造工程を示す概略構成図、第3図は、同実施例の特性を示す図である。

第1図は、本発明によるGaN発光素子の一実施例を示す概略構成図、第2図は、同実施例の製造工程を示す概略構成図、第3図は、同実施例の特性を示す図である。

20



第2図



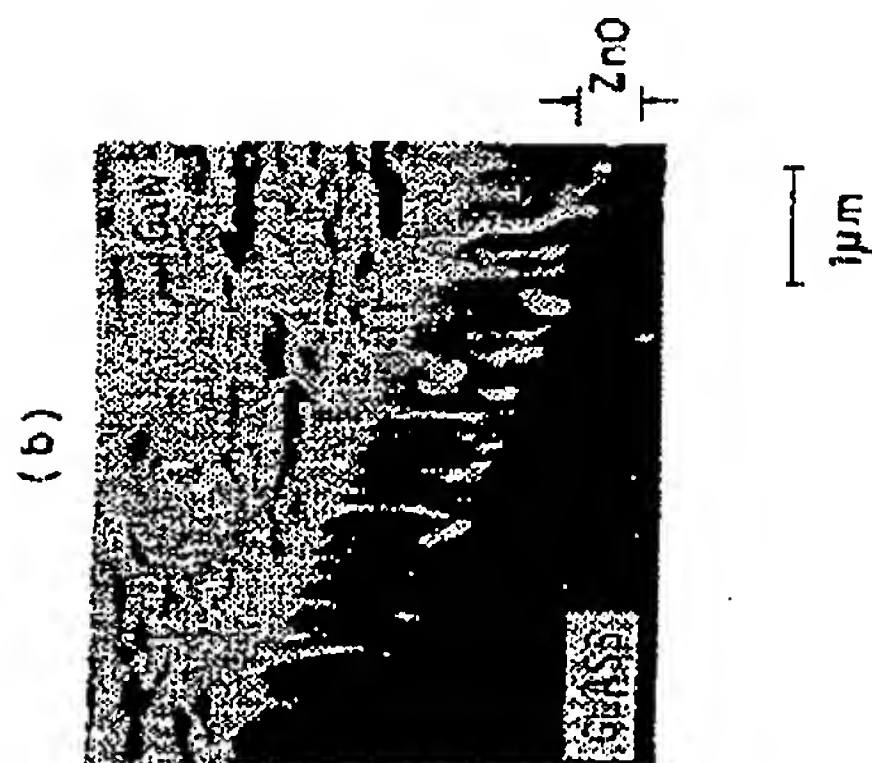
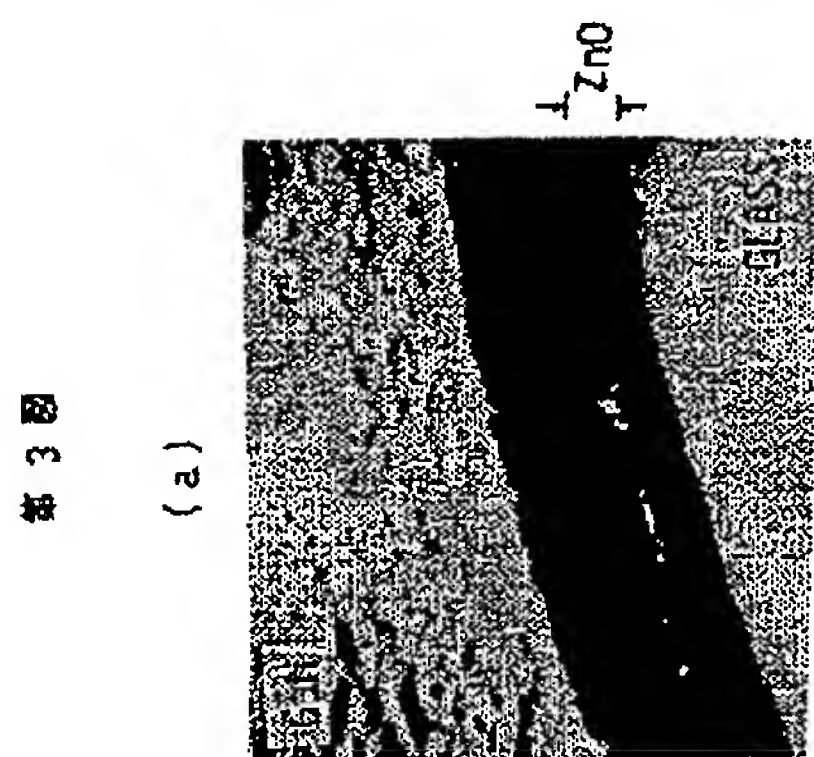
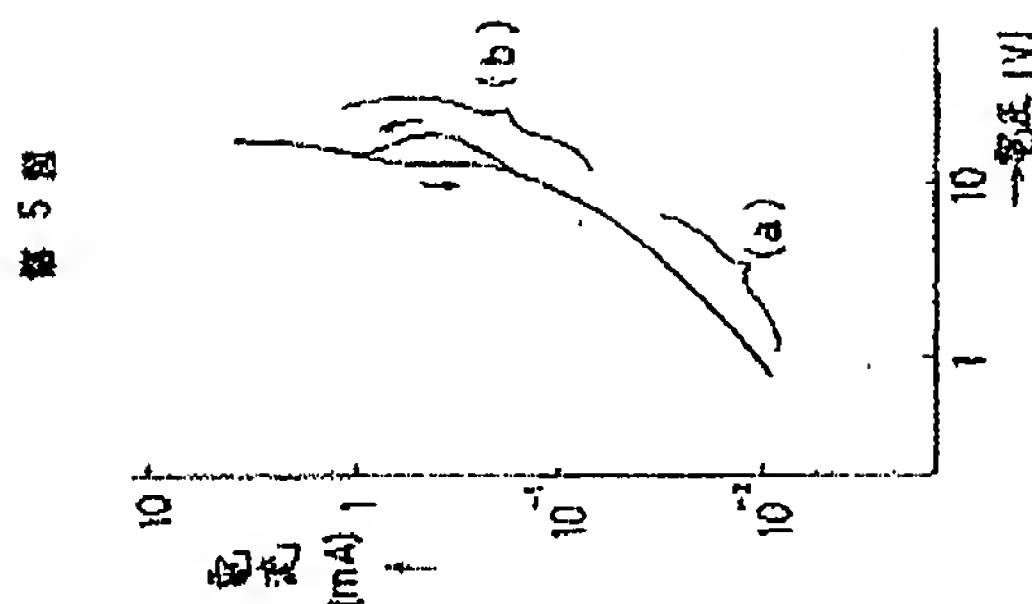
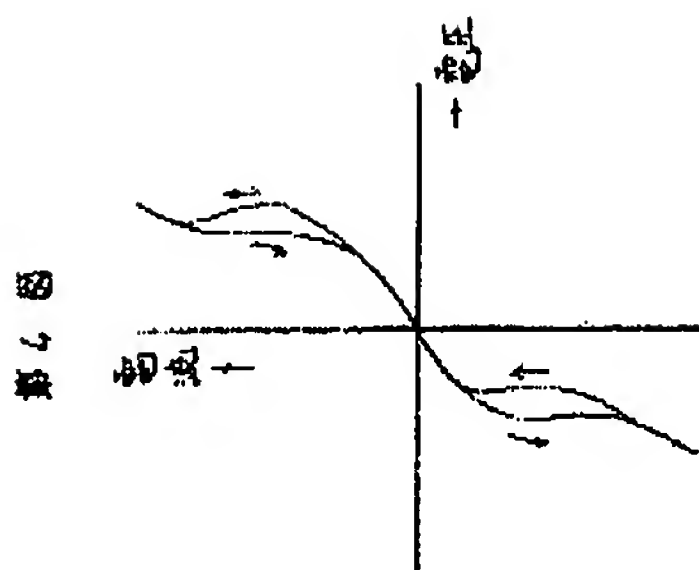
特許出願人 双葉電子工業株式会社

代理人・弁護士 西村 教 光

21

-414-

特開2005-10280(7)



手 続 補 正 書 (自発)

昭和56年4月10日

特許庁長官 島 田 稔 樹 殿

1 事件の表示

昭和55年特許願第83984号

2 発明の名称

GaN 発光素子

3 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所

成泰電子工業株式会社

名称

4 代理人 野 105

住所 東京都港区虎ノ門1丁目19番14号

邦楽ビル402号室

氏名 (5732) 弁護士 西 村 政 光

電話 (591) 3773

5 補正命令の日付 日 発

6 補正により増加する発明の数 なし

7 補正の対象 明 細 書

8 補正の内容

特開昭57-10280(自)

- (1) 第5頁第20行目「ノズル21aから」とあるを、「ノズル11aから」に訂正する。
- (2) 第10頁第1行目「材料21として、」とあるを、「材料12として、」に訂正する。
- (3) 第10頁第18行目から19行目「加速電極17には0Vと一定し、」とあるを、「加速電極17は0Vと一定にし、」に訂正する。
- (4) 第11頁第2行目「ZnO皮膜4に」とあるを、「ZnO皮膜3に」に訂正する。
- (5) 第11頁第3行目「ZnO皮膜4の」とあるを、「ZnO皮膜3の」に訂正する。
- (6) 第11頁第19行目「蒸着粒子内の」とあるを、「蒸着粒子内の」に訂正する。
- (7) 第12頁第12行目から13行目「結晶面を減らす上から」とあるを、「結晶面を減らす上から」に訂正する。
- (8) 第12頁第18行目「考えず、上述した」とあるを、「考えれば、上述した」に訂正する。
- (9) 第13頁第15行目から16行目「入り、ドナ不純物を」とあるを、「入りドナ不純物を」

2

に訂正する。

- (10) 第14頁第10行目「タンダス線を」とあるを、「タンダステン線」に訂正する。

- (11) 第19頁第18行目から19行目「ミスフイット起因する不整合欠陥や、加熱による」とあるを、「ミスフイットに起因する不整合欠陥や加熱による」に訂正する。

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.